

(11)Publication number : 2003-266362  
(43)Date of publication of application : 24.09.2003

(71)Applicant : SONY CORP  
(72)Inventor : KOIKE TAKASHI  
IGARASHI TAKESHI

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-266362  
(P2003-266362A)

(43) 公開日 平成15年9月24日 (2003.9.24)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	デマコト* (参考)
B 2 5 J 19/02		B 2 5 J 19/02	2 C 1 5 0
A 6 3 H 11/18		A 6 3 H 11/18	A 3 C 0 0 7
B 2 5 J 5/00		B 2 5 J 5/00	F

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2002-73198(P2002-73198)

(22) 出願日 平成14年3月15日 (2002.3.15)

(71) 出願人 000002185  
ソニー株式会社  
東京都品川区北品川6丁目7番35号  
(72) 発明者 小池 剛史  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内  
(73) 発明者 五十嵐 健  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内  
(74) 代理人 10009/180  
弁理士 前田 均 (外2名)

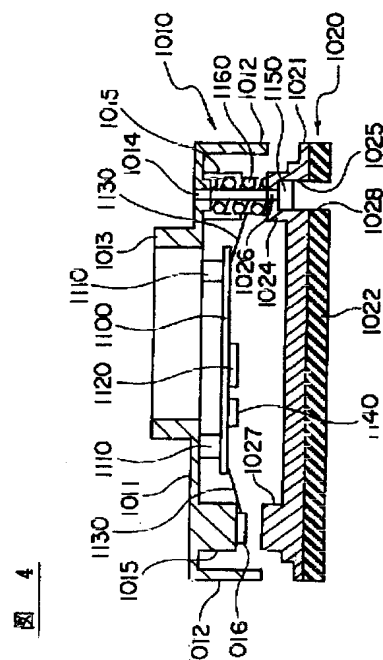
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 脚式移動ロボットの足及び脚式移動ロボット

(57) 【要約】

【課題】 カセンサのキャリブレーションのための予圧調整作業を不要とする。

【解決手段】 足甲部材1010と足底部材1020の間に、これらを離反するように付勢するコイルバネ1160を介装し、足底部材1120が路面に接地していないときには、センサ押圧部材1027がカセンサ1016から離間し、足底部材1020が路面に接地したときには、センサ押圧部材1027がカセンサ1016に圧接するようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 可動脚を備えた脚式移動ロボットの足において、

前記可動脚の先端部に取り付けられる足甲部材と、  
前記足甲部材に着脱自在に取り付けられる足底部材と、  
前記足甲部材及び前記足底部材の一方に設けられた複数の力センサと、  
前記足甲部材及び前記足底部材の他方に前記力センサのそれぞれに対応して設けられたセンサ押圧部材と、  
前記足底部材が路面に接地していないときには、前記センサ押圧部材が前記力センサから離間し、該足底部材が接地したときには、該センサ押圧部材が該力センサに圧接するように 該足甲部材と該足底部材とが互いに離反するように付勢する、該足甲部材と該足底部材の間に介装された付勢部材とを備えたことを特徴とする脚式移動ロボットの足。

【請求項2】 前記足甲部材に前記力センサを、前記足底部材に前記センサ押圧部材を設けたことを特徴とする請求項1に記載の脚式移動ロボットの足。

【請求項3】 請求項1又は2に記載の足を備えたことを特徴とする脚式移動ロボット。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の可動脚を備えた脚式移動ロボットに関し、特に、該可動脚の先端部に設けられ、歩行動作に伴い床面に当接される足の構造に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、人や猿などの2足直立歩行を行う動物を模した脚式移動ロボットに関する研究開発が進展し、実用化への期待も高まってきている。2足直立による脚式移動ロボットは、クローラ式や4足又は6足式のロボットなどに比べて不安定であり、姿勢制御や歩行制御が複雑になるが、作業経路上に凹凸のある歩行面（不整地や障害物など）、あるいは階段やはしごなど不連続な歩行面に対応することができるなど、柔軟な移動作業を実現できるという点で優れている。

【0003】人間の作業空間や居住空間のほとんどは、2足による直立歩行という人間が持つ身体メカニズムや行動様式に合わせて形成されている。言い換えれば、人間の住空間は、車輪その他の駆動装置を移動手段とした現状の機械システムが移動するにはあまりに多くの障壁が存在する。機械システム、すなわちロボットが様々な人的作業を支援又は代行し、さらに人間の住空間に深く浸透していくためには、ロボットの移動可能範囲が人間のそれとほぼ同じであることが好ましい。これが、脚式移動ロボットの実用化が大いに期待されている所以である。人間型の形態を有していることは、ロボットが人間の住環境との親和性を高める上で必須であると言える。

【0004】2足歩行による脚式移動を行うタイプのロ

ボットについての姿勢制御や安定歩行に関する技術は既に数多く提案されている。その中の多くは、ZMP（Zero Moment Point）を歩行の安定度判別の規範として用いている。ZMPによる安定度判別規範は、歩行系から路面には重力と慣性力並びにこれらのモーメントが作用し、これらと路面から歩行系への反作用としての床反力及び床反力モーメントとがバランスするというダランベールの原理に基づく。力学的推論の帰結として、足裏の接地点と路面の形成する支持多角形の辺上あるいはその内側にピッチ及びロール軸モーメントが零となる点が存在し、この点をZMPと言う。

【0005】ZMP規範に基づく2足歩行制御には、足底着地点を予め決定でき、路面形状に応じた足先の運動学的拘束条件を考慮し易いなどの利点がある。また、ZMPを安定度判別規範とすることは、力ではなく軌道を運動制御上の目標値として扱うことを意味するので、技術的に実現性が高まる。なお、ZMPの概念並びにZMPを歩行ロボットの安定度判別規範に適用する点については、Miomir Vukobratovic 著”LEGGED LOCOMOTION ROBOTS”（加藤一郎外著『歩行ロボットと人工の足』（日刊工業新聞社））に記載されている。

【0006】ZMPを安定判別規範としてロボットの運動制御を行う場合、実際のZMPを測定することは非常に有効である。このため、ロボットの可動脚の先端部に設けられる足部には、力センサなどのZMP検出用の複数のセンサが配設されている。これらのセンサの検出値は、A/D変換されてロボット本体に設けられる主制御部に取り込まれ、主制御部によって、これらの検出値に基づいて実際のZMPが算出され、ロボットの歩行動作を含む各部の制御に供される。

【0007】ZMP検出用センサの設置位置としては、例えば、足部が足甲部材と該足甲部材に遊動可能に取り付けられる足底部材からなる二重構造を採用した場合には、該足甲部材と該足底部材との間に予圧された状態で介装されるのが一般的である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の足部の構造によると、足甲部材と足底部材の間に予圧した状態でZMP検出用センサが設けられているため、各センサのキャリブレーション（ゼロ点調整）は、各センサへ作用する予圧を各センサの検出範囲内の適宜な値となるように与えた状態で実施する必要があり、その作業が容易ではないという問題があった。

【0009】また、足底部材を交換する場合には、その都度、上記の作業を行う必要があり、交換に伴う作業が煩雑であり、その工数が多いという問題があった。

【0010】本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、力センサのキャリブレーションのための予圧調整作業を不要とし、該セン

サの検出値の高精度化を図るとともに、足底部材の交換に伴う作業負担を軽減することである。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明の第1の観点に係る脚式移動ロボットの足は、可動脚を備えた脚式移動ロボットの足において、前記可動脚の先端部に取り付けられる足甲部材と、前記足甲部材に着脱自在に取り付けられる足底部材と、前記足甲部材及び前記足底部材の一方に設けられた複数の力センサと、前記足甲部材及び前記足底部材の他方に前記力センサのそれぞれに対応して設けられたセンサ押圧部材と、前記足底部材が路面に接地していないときには、前記センサ押圧部材が前記力センサから離間し、該足底部材が接地したときには、該センサ押圧部材が該力センサに圧接するように該足甲部材と該足底部材とが互いに離反するように付勢する、該足甲部材と該足底部材の間に介装された付勢部材とを備えたことを特徴とする。

【0012】上記目的を達成するための本発明の第2の観点に係る脚式移動ロボットは、上述した本発明の第1の観点に係る足を備えて構成される。

【0013】本発明によると、足底部材が路面に接地していない場合には、力センサからセンサ押圧部材を離間させた状態、即ち、予圧しない状態とし、足底部材が路面に接地した場合に力センサにセンサ押圧部材を圧接させるようにしたので、従来のように力センサを予圧していたことにより生じていた各力センサの予圧調整に伴う作業の必要がなくなる。

【0014】また、各力センサのキャリブレーションは、力センサからセンサ押圧部材を離間させた状態、即ち、遊脚時に実施することができるので、比較的短い間隔でキャリブレーションを実施することができ、センサの検出値の信頼性を向上することができる。さらに、各力センサのZ軸方向（足裏面に対して直交する方向）の相対位置関係さえ正確に設定しておけば、足底部材の交換時には、足底部材と当該力センサの相対位置関係を従来ほど厳密に調整する必要がなく、足底部材の交換を容易に実施することができるようになる。加えて、足底部材からの衝撃が直ちに力センサに伝達されることがないので、耐衝撃性も向上することができる。

【0015】本発明において、特に限定されないが、前記足甲部材に前記力センサを、前記足底部材に前記センサ押圧部材を設けることが望ましい。当該センサを足底部材に設けた場合には、足底部材の交換時に信号線等の配線接続作業が必要となるが、当該センサを足甲部材側に設けることにより、そのような配線接続作業が不要となり、交換に伴う作業を容易化できるからである。また、足底部材を足甲部材に対して相対移動できるように構成した場合には、当該配線の破損や当該配線による足底部材の移動の障害となることも無くすることができるからである。

#### 【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

【0017】図1及び図2は、本発明の実施に供される「人間型」の脚式移動ロボット100が直立している様子を前方（図1）及び後方（図2）の各々から眺望した様子を示している。図示の通り、脚式移動ロボット100は、脚式移動を行う可動脚としての左右2足の下肢110と、体幹部120と、左右の上肢130と、頭部140とで構成される。

【0018】左右各々の下肢110は、大腿部111と、膝関節112と、頸部113と、足首114と、足部150とで構成され、股関節115によって体幹部120の略最下端にて連結されている。また、左右各々の上肢130は、上腕131と、肘関節132と、前腕133とで構成され、肩関節134によって体幹部120の上方の左右各側縁にて連結されている。また、頭部140は、首関節141によって体幹部120の略最上端中央に連結されている。

【0019】なお、以下では、説明の便宜上、足部150の説明において、足部150の裏面の路面（床面）に当接する部分を含んで構成される面をX-Y平面とし、該X-Y平面内において、ロボットの前後方向をX軸とし、ロボットの左右方向をY軸とし、これらに直交する方向をZ軸として説明する。

【0020】各関節には、アクチュエータが配設されている。該アクチュエータの駆動によってロボットの動作は実現される。装置の外観上で余分な膨らみを排してヒトの自然形状に近似させることや、2足歩行という不安定構造体に対して姿勢制御を行うなどの種々の要請から、関節アクチュエータは小型且つ軽量であることが好ましい。このため、本実施の形態では、ギア直結型で且つサーボ制御系をワンチップ化してモータ・ユニットに内蔵したタイプの小型ACサーボ・アクチュエータを搭載することとした。なお、脚式ロボットに適用可能な小型ACサーボ・アクチュエータに関しては、例えば本出願人に既に譲渡されている特願平11-3386号明細書に開示されている。

【0021】体幹部120の内部には、図1及び図2上では見えていない主制御ユニットや電源回路その他の周辺機器類が搭載されている。

【0022】図3は、脚式移動ロボット100の制御システムの構成の概略を示している。主制御ユニット（制御手段）300は、CPU（Central Processing Unit）301と、RAM（Random Access Memory）302と、動作パターンなどが格納されているROM（Read Only Memory）303と、脚式移動ロボット100に搭載される各種センサ306の出力としてのアナログ信号をデジタル信号に変換するA/D変換器305を備

えて構成され、これらはバス304を介して相互に接続されている。

【0023】CPU301は、ROM303に蓄えられている情報や各種センサ306の出力に基づいて、脚式移動ロボット100の動作を生成し、各関節に配置されたACサーボ・アクチュエータ307への指令値を決定する。

【0024】また、これらのACサーボ・アクチュエータ307は、バス304を介して主制御ユニット300に接続され、CPU301で計算された各関節に対する指令値を受け取ることが可能となっている。ACサーボ・アクチュエータ307は、この指令値に従って作動され、脚式移動ロボット100の歩行動作を含む各種の動作が実現される。

【0025】次に、足部150の構造について説明する。図4は本発明の実施の形態の足部の構造を示す断面図、図5は足甲部材の底面図である。足部150は、左右各々の下肢110の足首114にそれぞれ連結される足甲部材1010及び路面に直接接地される足底部材1020を備えて構成され、足底部材1020を足甲部材1010に遊動可能に取り付けた二重構造となっている。

【0026】足甲部材1010はその下面が開口された略矩形箱状の部材であり、略矩形板状の天板部1011及びその周囲に沿って一体的に立設された側板部1012を有している。天板部1011の上面には足首114に連結するための連結部1013が一体的に設けられている。天板部1011には、足底部材1020を取り付けるためのネジ穴（本例では4つ）1014が形成されている。各側板部1012の外面の境界部分はR面（円弧面）又は滑らかな曲面となっている。

【0027】足甲部材1010の足首114への取り付けは、足甲部材1010を該足首114にネジ、その他の固定手段を用いて固定し、あるいは図示は省略するが、連結機構を介して着脱自在となるように取り付けようにしてもよい。足甲部材1010の天板部1011の下面の略中央には電気回路基板1100が複数の支持部材1110を介して取り付けられている。

【0028】足甲部材1010の天板部1011の下面にはその四隅近傍にそれぞれ凸状のセンサ用台座部1015が一体的に形成されており、該センサ用台座部1015の先端部には、ZMPを算出するためのZ軸方向の圧力を検出する複数の力センサ（例えば、ロードセル）1016が配設されている。これらの力センサ1016は、それぞれ金属ダイヤフラムと4つの歪ゲージからなり、4つの歪ゲージでブリッジ回路を形成し、該歪ゲージを金属ダイヤフラムに貼着して構成される。但し、力センサ1016はこのような構成のものに限定されず、他の構成のものを採用してもよい。力センサ1016として、本実施の形態では、予圧無しでも、所望の精度で

圧力を検出できるタイプのものを採用している。

【0029】電気回路基板1100上には、力センサ1016への給電及び力センサ1016からの信号を伝送するためのケーブル（ここでは、フレキシブル・ケーブル）1130が接続されている。力センサ1016と電気回路基板1100とをフレキシブルケーブル1130で接続するのは、力センサ1016にケーブル・テンションによる不要な力が作用することを防止するためである。また、電気回路基板1100上には、演算処理手段（CPU、ROM、RAM等）1120、X軸方向及びY軸方向の加速度を検出するための加速度センサ1140等も搭載されている。この加速度センサ1140の出力は、路面の重力方向に対する傾きの検出、路面の凹凸などによる躓きの検出に利用される。

【0030】足底部材1020は、略矩形板状の部材からなる足底本体1021の下面に、同じく略矩形板状の部材からなる接地部材1022が貼着ないしネジ等を用いて一体的に取り付けられた二重構造となっている。

【0031】足底本体1021の外形は、足甲部材1010の側板部1012の開口側の外形状と略同一の形状となっている。足底本体1021の上面には、足甲部材1010に取り付けるため、天板部1011に形成されたネジ穴1014のそれぞれに対応して上側に凸状の固定用突起部1024が形成されている。固定用突起部1024の下側は、その先端部にネジ山を有する段付きボルト1150を下側から挿入するため、円柱状に陥没された凹部1025となっている。各固定用突起部1024の先端部の中央には上下に貫通する貫通穴1026がそれぞれ形成されている。また、足甲部材1010の天板部1011のセンサ用台座部1015に設けられた力センサ1016にそれぞれ対応する位置には、該力センサ1016に接離自在に圧接ないし当接するセンサ押圧用台座部（センサ押圧部材）1027がそれぞれ一体的に形成されている。

【0032】接地部材1022は、足底本体1021の外形と略同一の形状を有しており、足底本体1021の凹部1025に対応して貫通穴1028がそれぞれ形成されている。接地部材1022は、足部150の路面への接地時にその衝撃を緩和するため、例えば、弾性ゴムシートから形成される。接地部材1022の材料としては、路面状況対応性の観点から、ゴムシート以外に、金属やプラスチック、その他、各種のものを採用することができ、その下面（接地面）の形状も路面状況対応性の観点から、溝を形成したものや土踏まずを形成したものを採用することができる。この接地部材1022の材質や接地面の形状を適宜に変更・選択することにより、各種の路面状況にそれぞれ対応した各種の足底部材1020を構成することができる。

【0033】足底部材1020の凹部1025及び貫通穴1026に、段付きボルト1150を下側から挿入

し、該段付きボルト1150がその内側に貫通するように、コイルバネ1160を装着し、段付きボルト1150の先端のネジ山を天板部1011のネジ穴1014に限界（段差面）までねじ込むことにより、足底部材1020を足甲部材1010に装着することができる。なお、凹部1025の天井部分と段付きボルト1150の頭部との間に、円筒状の例えば弾性ゴム又はコイルバネ等からなる緩衝部材（不図示）を介装してもよい。

【0034】このような構成の足部がロボットの脚の足首に取り付けられた状態で、歩行動作を開始すると、遊脚時、即ち、足部が路面から離間して、足底部材1020に路面からの力が作用していない状態では、コイルバネ1160の付勢力によって、足底部材1020は足甲部材1010に対して、段付きボルト1150によって規定されるストローク限界まで離間された状態となっており、天板部1011の下面に設けられたセンサ用台座部1015に取り付けられた力センサ1016と、足底部材1020に設けられたセンサ押圧用台座部1027の先端面とは、所定のギャップを保って対峙している。このギャップは、例えば、0.7mm程度に設定される。

【0035】接地時、即ち、足部が路面に接地して、足底部材1020に路面からの力が作用している状態では、足底部材1020はコイルバネ1160の付勢力に抗して、足甲部材1010に接近し、天板部1011の下面に設けられたセンサ用台座部1015に取り付けられた力センサ1016に、足底部材1020に設けられたセンサ押圧用台座部1027の先端面が圧接し、各力センサ1016に路面からの圧力が伝達される。力センサ1016の出力はケーブル1130を介して電気回路基板1100上の演算処理手段1120に送られ、必要な処理が施された後に、ロボット本体の主制御ユニット300に伝送され、ZMPの算出処理が実行される。なお、ロボット本体の主制御ユニット300の処理負担を軽減するため、足部の演算処理手段1120によってZMPを算出した後に、ロボット本体の主制御ユニット300に伝送するようにしてもよい。

【0036】本実施の形態によると、ZMP検出用の力センサ1016として予圧が不要なタイプのものを採用し、足底部材1020が路面に接地していない場合には、力センサ1016からセンサ押圧用台座部1027を離間させた状態、即ち、予圧しない状態とし、足底部材1020が路面に接地した場合に力センサ1016にセンサ押圧用台座部1027を圧接させるようにしたので、予圧の調整を実施する必要が全くなくなる。また、足底部材1020を足甲部材1010から離反させるように付勢するコイルバネ1160を足甲部材1010と足底部材1020の間に介装したので、足底部材1020の振動の発生が少なく、騒音の発生を低減することが

できる。さらに、各力センサ1016のキャリブレーションは、足底部材1020に外力が作用していない状態で行う得るので、歩行動作に伴う遊脚時にキャリブレーションを実施することができ、常に正確な検出値を得ることができるようになる。

【0037】また、足底部材1020の交換は、段付きボルト1150を取り外すことにより容易に行うことができ、組立時には、段付きボルト1150を螺合の限界までねじ込むことにより、足底部材1020を足甲部材1010に対して所定の位置関係に容易に設定することができ、その交換作業が極めて容易である。

【0038】また、遊脚時に力センサ1016から足底部材1010が離間しているので、足底部材1020に何らかの衝撃が加わった場合であっても、この衝撃が力センサ1016に伝達されることが少なくなり、力センサ1016の破損等も少なくすることができる。

【0039】以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするために記載されたものであって、本発明を限定するために記載されたものではない。従って、上記の実施形態に開示された各要素は、本発明の技術的範囲に属する全ての設計変更や均等物をも含む趣旨である。

【0040】

【発明の効果】本発明によれば、力センサのキャリブレーションのための予圧調整作業が不要になるとともに、該センサの検出値の高精度化を図ることができるという効果がある。また、足底部材の交換に伴う作業負担を軽減することもできるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態に係る脚式移動ロボットの斜め前方から見た斜視図である。

【図2】 本発明の実施の形態に係る脚式移動ロボットの斜め後方から見た斜視図である。

【図3】 本発明の実施の形態に係る脚式移動ロボットの制御系の構成を示す図である。

【図4】 本発明の実施の形態の足部の構成を示す側断面図である。

【図5】 本発明の実施の形態の足部の足甲部材の底面図である。

【符号の説明】

150…足部（足）

300…主制御ユニット

1010…足甲部材

1016…力センサ

1020…足底部材

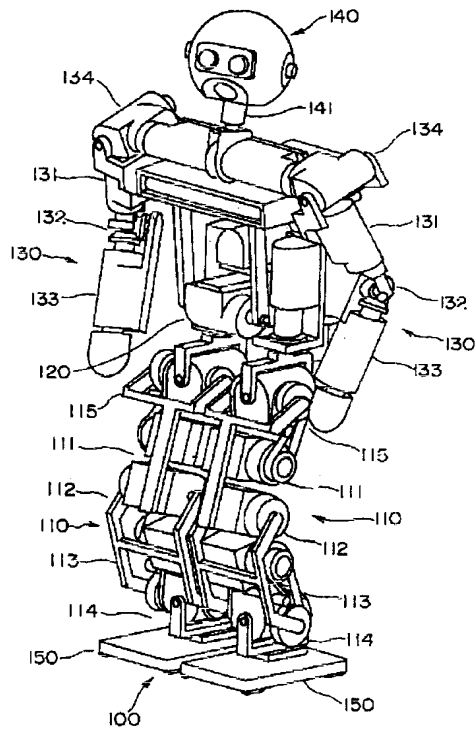
1027…センサ押圧用台座部

1100…電気回路基板

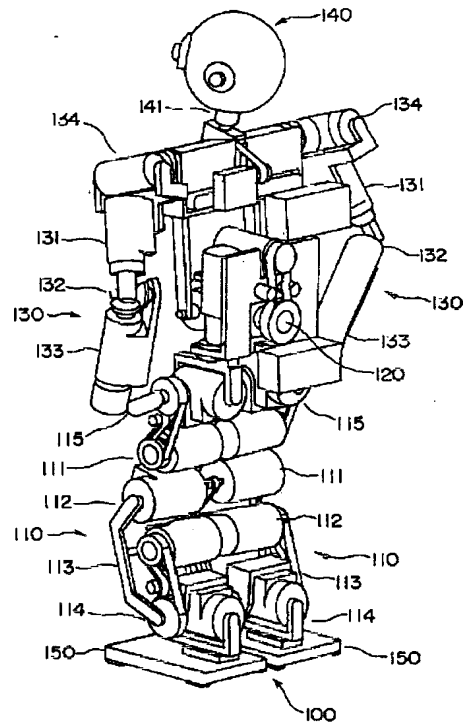
1150…段付きボルト、

1160…コイルバネ

【図1】

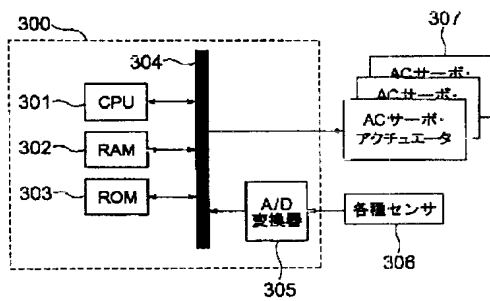


【図2】



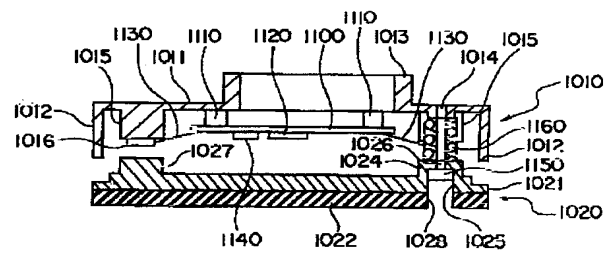
【図3】

図 3

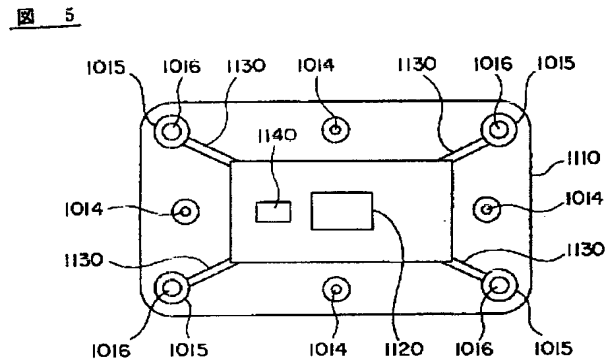


【図4】

図 4



【図5】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2C150 BA08 CA01 CA04 DA04 DA24  
DA26 DA27 DA28 EB01 EC03  
EC15 EC16 EC19 EC25 EC29  
ED10 ED42 ED52 EF07 EF09  
EF16 EF17 EF22 EF23 EF33  
EF36  
3C007 AS36 CS08 HT36 KS34 KX12  
WA03 WA13 WB07 WC23